

---

## UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2010/2011

November 2010

### EEE 432 – ANTENA DAN PERAMBATAN

Masa : 3 Jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEPULUH muka surat beserta Lampiran TIGA muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi **ENAM** soalan.

Jawab **LIMA** soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris atau kombinasi kedua-duanya.

**[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].**

*“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.*

Nota:

#### **PENTING**

**DUA** soalan wajib dijawab dari **Bahagian I**

**DUA** soalan wajib dijawab dari **Bahagian II** dan jawab **SATU** soalan daripada mana-mana bahagian.

#### **IMPORTANT**

Answer **TWO** questions from **Part I** and **TWO** questions from **Part II**. The remaining **ONE** question can be answered from either Part I or Part II.

...2/-

**BAHAGIAN I**  
**PART I**

1. (a) Apakah nisbah kekuatan medan elektrik ke kekuatan medan magnet yang tersinar bagi dwikutub unsur?

*What is the ratio of radiated electric field strength to the radiated magnetic field strength of the elemental dipole?*

(10 marks)

- (b) Kekuatan satu medan elektrik di dalam zon jauh daripada satu antena adalah diberikan dalam terma arus masukan maksimumnya,  $I_0$  sebagai

*The electric field intensity in the far zone from an antenna is given in terms of its maximum input current  $I_0$  as*

$$\tilde{E}_\theta = \frac{16}{r} I_0 \text{ V/m}$$

- (i) Dapatkan ekspresi berkaitan untuk medan magnet.  
*Obtain the corresponding expression for the magnetic field.*
- (ii) Apakah jumlah kuasa yang disinarkan?  
*What is the total power radiated?*
- (iii) Apakah rintangan radiasi?  
*What is the radiation resistance?*
- (iv) Apakah nilai  $I_0$  untuk menyinaran kuasa sebanyak 75 kW?

*What is  $I_0$  to radiate a power of 75 kW?*

(50 marks)

- (c) Dapatkan rintangan sinaran dan kuasa bagi dwikutub unsur yang panjangnya adalah  $\lambda/6$ , jika diberi arus 2.5 A.

*Find the radiation resistance and power of an elemental dipole that has length of  $\lambda/6$ , if the current is 2.5 A.*

(20 marks)

- (d) Suatu antena cakra berdiameter 3 m mempunyai gandaan 14 dB pada frekuensi 1.50 GHz. Berapakah anggaran frekuensi bagi antena yang gandaannya sebanyak 20 dB.

*A particular 3 m diameter dish antenna has a gain of 14 dB at 1.50 GHz. Find the approximate frequency for an antenna gain of 20 dB.*

(20 marks)

2. (a) Apakah yang dimaksudkan dengan antena tatasusunan? Terangkan dengan menggunakan gambarajah.

*What is meant by linear array antenna? Explain using diagram.*

(10 marks)

- (b) Tentukan sudut arah kekuatan medan elektrik maksimum dan minimum dalam satah mengufuk bagi tatasusunan antena mengufuk yang terdiri daripada dua unsur isotropik. Jarak pemisahan antara unsur ialah  $\lambda/2$  dan perbezaan fasa pada suapan unsur ialah sebanyak  $90^\circ$ .

*Determine the angular directions of the electric field strength maximal and minimal in the horizontal plane for a horizontal antenna array comprising two isotropic elements. The element spacing is  $\lambda/2$  and the phase lag between the currents applied to the elements is  $90^\circ$ .*

Ingat bahawa kekuatan medan (pada jarak sama) yang dihasilkan oleh jumlah kuasa yang sama disuap pada satu unsur adalah sama dengan yang disuap pada dua unsur dan perlu diambil sebagai  $E_o$  (V/m).

*Note that the field strength (at the same distance) due to a single element fed with the same total power as the 2 elements array should be taken as  $E_o$  (V/m).*

(50 marks)

- (c) Lakarkan corak sinaran (dalam satah mengufuk) bagi antenna dwikutub di dalam bahagian (b).

*Sketch the radiation pattern (in the horizontal plane) of the antenna in part (b).*

(10 marks)

- (d) Suatu antenna mengandungi 6 dwikutub menegak membentuk suatu tatasusunan linear mengufuk. Jarak pemisah antara unsur ialah  $\lambda/4$  dan fasa antara unsur ialah  $45^\circ$ . Terbitkan ungkapan bagi faktor tatasusunan ini dalam satah mengufuk.

*An antenna comprises 6 vertical dipoles in the form of a horizontal linear array. The spacing of the elements is  $\lambda/4$  and the phase between the elements is  $45^\circ$ . Derive an expression for the array factor in the horizontal plane.*

(30 marks)

3. (a) Pemancar TV yang beroperasi pada frekuensi 300MHz terletak di atas bukit yang tingginya 350 m. Ketinggian antena penerima adalah 15 m. Apakah jarak antena dari pemancar supaya mendapat kekuatan isyarat yang maksimum. Diberi kekuatan medan bagi pemancar VHF ialah

*A TV transmitter operates at 300 MHz is situated at a hill of height of 350 m. The height of the receiving antenna is 15 m. What is the distance of the antenna to the TV transmitter so that maximum signal power is received? Given that the field strength for VHF transmitter is*

$$E = \frac{2A_0}{d} \sin(kh \sin \theta)$$

(30 marks)

- (b) Gandaan sesuatu antena adalah diukur pada frekuensi 850 MHz dan didapati sebanyak 22 dB. Antena ini digunakan sebagai antena penghantar yang standard untuk mengukur gandaan bagi antena yang lain menggunakan persamaan Friss. Dalam membuat pengukuran tersebut pada 850 MHz dan pada jarak 3.5 km, kuasa yang diterima adalah 12 mW. Dapatkan gandaan antena penerima sekiranya kuasa penghantaran,  $P_T=2\text{kW}$ .

*The gain of a particular antenna has been carefully measured at 850 MHz and found to be 22 dB. This antenna is now being used as a standard transmitting antenna to measure the gain of other antennas, using the Friss equation. In making such a measurement at a frequency of 850 MHz and at a range of 3.5 km, the received power is 12 mW. Find the gain of the receiving antenna if the transmit power,  $P_T=2\text{kW}$ .*

(30 marks)

- (c) Satu isyarat gangguan melalui satu kotak yang menutupi papan litar yang amat sensitif. Sekiranya kotak itu diperbuat daripada aluminium ( $\sigma=35.4\text{MS/m}$ ), dapatkan jumlah kuasa yang dihantar menembusi sempadan antara udara dan kotak tersebut. Anggapkan bahawa isyarat tersebut dalam siaran FM pada frekuensi 150 MHz dan mempunyai ketumpatan kuasa sebanyak  $12\text{ W/m}^2$ .

*An interference signal hits a box surrounding a very sensitive circuit board. If the box is made of aluminium ( $\sigma=35.4\text{MS/m}$ ), determine the amount of power that is transmitted across the boundary between the air and the box. Assume the signal is in the FM broadcast band at frequency of 150MHz and that it has the power density of  $12\text{W/m}^2$ .*

(40 marks)

**BAHAGIAN II**  
**PART II**

4. (a) Nyatakan keadaan sempadan apabila

*State the boundary conditions when*

- (i) Medium 1 adalah satu dielektrik sempurna dan medium 2 adalah satu pengalir sempurna.

*Medium 1 is a perfect dielectric and medium 2 is a perfect conductor.*

- (ii) Kedua-dua media adalah dielektrik yang sempurna.

*Both media are perfect dielectrics.*

- (iii) Medium 1 adalah satu dielektrik yang sempurna dan medium 2 adalah satu pengalir.

*Medium 1 is a perfect dielectric and medium 2 is a conductor.*

(30 marks)

...7/-

- (b) Tuliskan persamaan-persamaan Maxwell dalam:

*Write Maxwell's equations in:*

- (i) bentuk poin  
*point form*
- (ii) bentuk integral  
*integral form*

Terangkan apakah kepentingan bagi setiap persamaan.

*Explain the significance of each equation.*

(20 marks)

- (c) Satu medan elektrik di dalam ruang bebas dinyatakan sebagai

$\vec{E} = 10 \cos(6t + ky) \vec{a}_x$  . Sekiranya tempoh masa adalah 100 ns, dapatkan:

*An electric field in free space is described by  $\vec{E} = 10 \cos(6t + ky) \vec{a}_x$  V/m.*

*If the time period is 100 ns, determine:*

- (i) konstan, k  
*the constant k*
- (ii) kekuatan medan magnet  
*the magnetic field intensity*
- (iii) arah aliran kuasa  
*the direction of power flow*
- (iv) purata ketumpatan kuasa  
*the average power density*
- (v) ketumpatan tenaga dalam medan elektrik  
*the energy density in the electric field*
- (vi) ketumpatan kuasa dalam medan magnet  
*the energy density in the magnetic field*

(50 marks)

5. (a) Terangkan polarisasi bagi suatu gelombang. Apakah perbezaan besar di antara satu gelombang polar membujur dengan membulat. Boleh gunakan ilustrasi.

*Explain the polarization of a wave. What is the major difference between an elliptically and circularly polarized wave? May use illustration.*

(20 marks)

- (b) (i) Dapatkan polarisasi untuk gelombang-gelombang berikut:  
*Find the polarization of the following waves:*

$$(1) \quad \vec{E} = 10e^{-j300x} \vec{a}_y + 10e^{-j300x} \vec{a}_z \text{ V/m}$$

$$(2) \quad \vec{E} = 16e^{j\pi/4} e^{-j100z} \vec{a}_x - 9e^{-j\pi/4} e^{-j100z} \vec{a}_y \text{ V/m}$$

$$(3) \quad \vec{E} = 3\cos(-0.5y) \vec{a}_x - 4\sin(-0.5y) \vec{a}_z \text{ W/m}$$

- (ii) Tunjukkan bahawa untuk satu planar gelombang polarisasi membujur,  $3\vec{E}_0 = \cos(\phi - \beta) \vec{a}_x + 4E_0 \sin(\phi - \beta) \vec{a}_y$ , boleh disampaikan sebagai **satu jumlah** kiri dan kanan tangan gelombang polarisasi membulat untuk berbeza amplitud.

*Show that an elliptically polarized plane wave,  $3\vec{E}_0 = \cos(\phi - \beta) \vec{a}_x + 4E_0 \sin(\phi - \beta) \vec{a}_y$ , can be expressed as a sum of left and right hand circularly polarized waves of unequal amplitudes.*

(50 marks)



- (c) Satu gelombang elektromagnet merambat di dalam satu medium dielektrik dengan  $\epsilon = 225\epsilon_0$  sepanjang arah z. Ia menghentam satu lagi medium dielektrik dengan  $\epsilon = 9\epsilon_0$  pada  $z = 0$ . Sekiranya gelombang yang datang itu adalah dipolarkan pada arah z, mempunyai nilai maksimum sebanyak 250 mV/m pada satu permukaan dan mempunyai satu frekuensi membulat sebanyak 300 Mrad/s, dapatkan:

*An electromagnetic wave propagates in a dielectric medium with  $\epsilon = 225\epsilon_0$  along the z direction. It strikes at another dielectric medium with  $\epsilon = 9\epsilon_0$  at  $z = 0$ . If the incoming wave is polarized in the z direction, has a maximum value of 250 mV/m at the surface, and has an angular frequency of 300 Mrad/s, determine:*

- (i) pemalar pantulan  
*the reflection coefficient*
- (ii) pemalar penghantaran  
*the transmission coefficient*
- (iii) ketumpatan kuasa bagi gelombang-gelombang insiden, pembiasan dan penghantar.

*the power densities of the incident, reflected and transmitted waves*

(30 marks)

6. (a) Apakah perambatan gelombang TEM? Adakah talian penghantaran planar selari memenuhi perambatan gelombang TEM? Berikan justifikasi.

*What is TEM wave propagation? Do parallel-plane transmission lines satisfy TEM wave propagation? Provide justifications.*

(20 marks)

- (b) Satu talian penghantaran tanpa kehilangan sepanjang 600 m mempunyai satu induktan dan kapasitan sebanyak  $0.4\mu\text{H/m}$  dan  $85\text{ pF/m}$  setiap satu. Dapatkan:

*A 600-m-long lossless transmission line has an inductance and a capacitance of  $0.4\mu\text{H/m}$  and  $85\text{ pF/m}$  respectively. Determine:*

- (i) halaju perambatan dan konstan fasa bagi frekuensi operasi pada 100 kHz.

*the velocity of propagation and the phase constant for an operating frequency at 100 kHz.*

- (ii) galangan kecirian bagi talian penghantaran tersebut.  
*the characteristic impedance of the transmission line.*

(30 marks)

- (c) Satu pandu gelombang segiempat berudara mempunyai nilai  $a = 2\text{ cm}$  dan  $b = 1\text{ cm}$  menyokong mod  $\text{TE}_{10}$  dengan beroperasi pada 9 GHz. Pandu gelombang tersebut adalah diaktifkan dengan  $20\text{V/cm}$  pada  $z = 0$ . Kirakan:

*An air-filled rectangular waveguide of  $a = 2\text{ cm}$  and  $b = 1\text{ cm}$ , supports the  $\text{TE}_{10}$  mode while operating at 9 GHz. The waveguide is excited by  $20\text{V/cm}$  at  $z = 0$ . Calculate:*

- (i) frekuensi potong  
*the cut-off frequency*
- (ii) konstan perambatan  
*the propagation constant*
- (iii) fasa & halaju kumpulan  
*the phase and group velocities*
- (iv) Galangan intrinsik  
*the intrinsic impedance*
- (v) purata aliran kuasa di dalam pandu gelombang  
*average power flow in the waveguide*

(50 marks)

ooooOoooo

**Medan E dan H untuk dwikutub:**

$$E_r = \frac{I_0 L \cos \theta e^{j\omega(t-\frac{r}{c})}}{2\pi\epsilon} \left( \frac{1}{cr^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right)$$

$$E_\theta = \frac{I_0 L \sin \theta e^{j\omega(t-\frac{r}{c})}}{4\pi\epsilon} \left( \frac{j\omega}{c^2 r} + \frac{1}{cr^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right)$$

$$E_\phi = 0$$

$$H_\phi = \frac{I_0 L \sin \theta e^{j\omega(t-\frac{r}{c})}}{4\pi} \left( \frac{j\omega}{cr^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right)$$

$$H_r = H_\theta = 0$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$$

$$\text{Gandaan, } G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2}$$

**[S] matrix:**

$$S_{ij} = \frac{V_i^-}{V_j^+} \Big|_{V_k^+ = 0, \text{ for } k \neq j}$$

For TM<sub>mn</sub> or TE<sub>mn</sub> mode:

$$f_{cmn} = \frac{u_p}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2}$$

$$m = 1, 2, 3, \dots, n = 1, 2, 3, \dots, p = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$$u_{gm n} = u_p \sqrt{1 - \left(\frac{f_{cm n}}{f}\right)^2} \text{ (group velocity)}$$

$$f_{mnp} = \frac{1}{2\sqrt{\mu\epsilon}} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 + \left(\frac{p}{l}\right)^2}$$

$$m = 1, 2, 3, \dots, n = 0, 1, 2, 3, \dots, p = 1, 2, 3, \dots$$

For rectangular waveguide :

$$u_{pmn} = \frac{u_p}{\sqrt{1 - \left(\frac{f_{cmn}}{f}\right)^2}}$$

Phase constant,  $\beta_{mn} = \beta \sqrt{1 - \left(\frac{f_{cmn}}{f}\right)^2}$  where  $\beta = \omega \sqrt{\mu \epsilon}$

Wave impedance,  $\eta_{mn}^{TE} = \frac{\eta}{\sqrt{1 - \left(\frac{f_{cmn}}{f}\right)^2}}$  ,  $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$

**E dan H fields:**

$$\vec{H} = \frac{j\beta l}{4\pi} \sin \theta e^{-j\beta r} \vec{a}_\phi$$

$$\vec{E} = \eta \vec{H}$$

$$\eta = 120\pi, \beta = \frac{\omega}{c}$$

$$\text{Power density, } \vec{S} = \frac{1}{2} [\vec{E} \times \vec{H}]$$

$$\text{Radiated power, } P_{rad} = \frac{\eta}{12\pi} \beta^2 l^2 I^2$$

**Antena tatasusunan (array):**

$$E_p = \frac{E_0}{\sqrt{n}} \left[ 1 + e^{j\theta} + e^{j2\theta} + \dots + e^{j(n-1)\theta} \right]$$

$$\left[ 1 + e^{j\theta} + e^{j2\theta} + \dots + e^{j(n-1)\theta} \right] = \frac{\sin\left(\frac{n\theta}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}$$

$$\theta = \frac{2\pi d \cos \phi}{\lambda} \pm \alpha$$

$$E_p = \sqrt{2} E_0 \cos\left(\frac{\theta + \alpha}{2}\right) \text{ untuk 2 elemen}$$

**EMC formula:**

Medan H:

$$H = \frac{I}{2\pi r}, \quad H(x) = H_{out} e^{-\alpha x}$$

$$\text{Rintangan, } Z = \frac{E}{H}, \quad \tau = \frac{2Z_L}{Z_L + Z_o} = \frac{E_{out}}{E_{in}}, \quad Z_L = \sqrt{\frac{j\omega\mu}{\sigma}}$$

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\eta_1}{\eta_2}$$

$$\sin\theta_c = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2}}$$

$$\rho_{datar} = \frac{\sqrt{\epsilon_2} \cos\theta_t - \sqrt{\epsilon_1} \cos\theta_i}{\sqrt{\epsilon_2} \cos\theta_t + \sqrt{\epsilon_1} \cos\theta_i}$$

$$\rho_{regak} = \frac{\sqrt{\epsilon_2} \cos\theta_i - \sqrt{\epsilon_1} \cos\theta_t}{\sqrt{\epsilon_2} \cos\theta_i + \sqrt{\epsilon_1} \cos\theta_t}$$

$$E = \frac{j60\pi^\ell \cos\left[\frac{\pi}{2} \cos\theta\right] e^{i\omega\left(\frac{r}{c}\right)}}{\lambda r \sin\theta}$$

$$|E| = 2 \left( \frac{60 P_T G_T}{d^2} \right)^{1/2} \sin \left( \frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda_o d} \right)$$

$$E = E_o \frac{\sin\left(\frac{Nkd\sin\theta}{2} + \frac{N\alpha}{2}\right)}{\sin\left(\frac{k d \sin\theta}{2} + \frac{\alpha}{2}\right)}$$